

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Návrh technologie obrábění závitu pohybové matice s využitím
CNC obráběcích strojů

Proposal for Machining Technology of Thread Motion Matrix
with Using CNC Machine Tool

Student:

Bc. Stanislav Salaj

Vedoucí diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

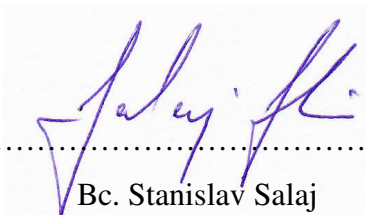
Ostrava 2012

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/19968 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 18.5.2012



.....
Bc. Stanislav Salaj

Adresa trvalého pobytu diplomanta:

Bc. Stanislav Salaj
Gen. Svobody 1199
783 91 Uničov

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Stanislav Salaj**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh technologie obrábění závitu pohybové matice s využitím CNC
obráběcích strojů**
**Proposal for Machining Technology of Thread Motion Matrix with
Using CNC Machine Tools**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika problému.
2. Problematika obrábění součástí na CNC obráběcích strojích.
3. Rozbor stávající technologie.
4. Návrh nové technologie.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. Technologie II 1. díl. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. Nové směry v progresivním obrábění. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentální metody v trieskovém obrábění*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žilině, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr.Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



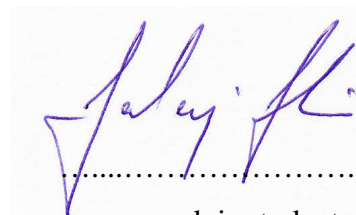
doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2012



podpis studenta

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SALAJ, S. Návrh technologie obrábění závitu pohybové matice s využitím CNC obráběcích strojů: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 58 s., Vedoucí práce: BRYCHTA, J.

Tématem mé diplomové práce je návrh nové technologie obrábění závitu pohybové matice výsuvového ústrojí velkostrojů. Práce se zabývá vhodným výběrem obráběcích strojů a nástrojů za účelem převedení výroby z konvenčních obráběcích strojů na numericky řízené obráběcí centrum. Obsahem úvodní teoretické části práce je problematika obrábění součástí na CNC obráběcích strojích. V hlavní části je popsána funkčnost součásti ve strojním zařízení, rozbor stávající technologie výroby, včetně rozboru strojů a nástrojů. Dále je v práci popsán návrh nové technologie výroby, zvolením obrábění na CNC obráběcím centru, včetně popisu použitých nástrojů. Závěrečná část pak porovnává a vyhodnocuje provedený experiment procesu výroby Vložky matice výsuvového ústrojí.

ANNOTATION OF THE THESIS

SALAJ, S. Proposal for Machining Technology of Thread Motion Matrix with Using CNC Machine Tools. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2012, 58 p. Thesis, head: BRYCHTA, J.

Subject of my thesis is „Proposal for Machining Technology of Thread Motion Matrix with Using CNC Machine Tools“. Thesis deals with appropriate choice of machine units and tools for the purpose of production diversion from traditional machine units to numerical operated machine centers. Prolegomenon contents of thesis is machining of the components with using CNC machine units question. In the main body of thesis is described reliability performance of the component in the machine equipment, analysis of the existing production technology, including analysis of machines and tools. Further is in the thesis described proposal of new production technology, electing of the machining

proces on the CNC machine center, description of used tools including. Closing part of the thesis compare and evaluate executed experiment of the Thread Motion Matrix production process.

Seznam zkratek

a_p - [mm] hloubka řezu

CNC - Computer Numerical Control – počítačový řídicí systém

f_{min} - [mm] posuv minutový

f_{ot} - [mm] posuv na otáčku

HV - tvrdost materiálu dle Vickerse

HB - tvrdost materiálu dle Brinella

n - [min⁻¹] počet otáček

NC - Numerical Control – číslicové ovládání (zejména obráběcích strojů)

OC - Obráběcí centrum

R_m - [MPa] mez pevnosti materiálu v tahu

R_e - [MPa] mez kluzu materiálu v tahu

SK - slinutý karbid

T_a - [min] spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace

T_b - [min] čas pro přípravu

T_S - [min] čas výroby stávající technologií

T_N - [min] čas výroby novou technologií

T_C - [min] celková časová úspora

U_S - [Kč] úspora nákladů při výrobě stávající technologií

U_N - [Kč] úspora nákladů při výrobě novou technologií

U_C - [Kč] celková úspora nákladů při výrobě výrobní dávky

VBD - vyměnitelná břitová destička

v_C - [m.min⁻¹] řezná rychlost

R_a - [μm] drsnost povrchu

Obsah

Obsah.....	8
1. Úvod.....	9
2. Obecná charakteristika daného problému	10
3. Problematika obrábění součástí na CNC obráběcích strojích.....	14
3.1. Obecné pojmy a terminologie	14
3.2. Obráběcí centra pro výrobu rotačních součástí.....	15
3.3. Frézovací obráběcí centra	17
3.4. Nástroje pro CNC obráběcí centra.....	18
3.5. Řízení CNC strojů.....	21
4. Návrh technologie obrábění vybrané součásti.....	23
4.1. Obecná charakteristika.....	23
4.2. Popis vybrané součásti.....	23
4.3. Materiál vložky matice	24
5. Stávající technologie výroby.....	26
5.1. Stávající technologický postup	27
5.2. Analýza slabých míst.....	30
6. Návrh nové technologie.....	33
6.1. Nový technologický postup	34
6.2. Strojní zařízení pro novou technologii.....	37
6.3. Nový technologický proces obrábění	39
6.3.1 Hrubování závitu matice.....	39
6.3.2. Dokončení závitu matice	45
7. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení	50
7.3. Stanovení úspory času	50
7.4. Stanovení úspory nákladů.....	53
8. Závěr.....	55
9. Použitá literatura:	57

1. Úvod

Před rokem 1989 bylo Československo založeno na extenzivním hospodaření s vysokým podílem těžkého průmyslu. Proto ani těžba a energetika nefungovaly efektivně a způsobovaly nadprůměrnou zátěž životního prostředí. Od roku 1990 prochází těžba uhlí a uhelná energetika rozsáhlou transformací. Ta byla zpočátku ovlivňována státem. Po vstupu prvních soukromých investorů v druhé polovině devadesátých let tuto transformaci stimulovala i potřeba dlouhodobé konkurenceschopnosti a potřeba společenské akceptovatelnosti ze strany zájmových skupin (stakeholders).

O tom, že povrchová těžba uhlí a uhelná energetika nejsou pohrobkem socialismu, svědčí jejich efektivní a dlouhodobé uplatnění v zemích, které si osvojovaly koncept udržitelného rozvoje a firemní společenské odpovědnosti desetiletí před námi. Nejen v Německu a Velké Británii, Řecku či Španělsku se s uhelnou energetikou počítá na příští desítky až stovky let jako s udržitelnou přechodovou technologií k jiným zdrojům energie.

Tento směr si uvědomují i naše společnosti zabývající se těžbou uhlí a uhelnou energetikou. I přes celosvětovou finanční recesi a omezené těžební limity investují tyto společnosti nemalé finanční prostředky do nákupu, oprav a rekonstrukcí těžebních a zpracovatelských technologií. Týká se to i kolesových rypadel - zařízení pro těžbu velkých objemů zeminy, uhlí a rud povrchovým způsobem.

2. Obecná charakteristika daného problému

Diplomová práce vznikla za spolupráce s firmou MPPM s.r.o. se sídlem na adrese Olomoucká 2372/191, 785 01 Šternberk a firmou D-CAM SERVIS s.r.o. se sídlem na adrese Lazaretní 7/1, 615 00 Brno - Zábrdovice.

Společnost MPPM s.r.o. je dlouholetým dodavatelem strojních dílů pro zajištění oprav kolesových rýpadel provozovaných v hnědouhelných povrchových dolech nacházejících se v severočeském regionu.

Společnost MPPM s.r.o. úspěšně realizuje výrobu a dodávky převodových skříní, vahadel podvozků, hřídelí, ozubených kol všech typů, spojek, brzd, pouzder, čepů a dalších strojních dílů ve všech velikostech. Nabízí výrobu svařenců včetně opracování, zajišťuje vývoj, výrobu forem a vlastní výrobu gumových a pogumovaných součástí pro veškeré strojní využití (dorazy, stírací lišty, silentbloky, gumové vložky pro pasy pasových vozidel, atd.).

Zařízeními pro kontinuální povrchovou těžbu jsou kolesová rypadla. Jedná se o zařízení pro těžbu velkých objemů zeminy a uhlí povrchovým způsobem. Těžební výkony kolesových rýpadel se pohybují od 1 200 do 5 800 m³/h a měrná rozpojovací síla od 90 do 168 kN/m. Pohyb rýpadla je zajištěn buď housenicovým (KU 300 – obr. 1) nebo kráčivým podvozkem (KU 800). Kolesová rypadla dále členíme dle proměnlivé vzdálenosti kola od osy stroje na výsuvové a bezvýsuvové s výškovým dosahem od 15 do 35 m. Váha kolesových rýpadel se pohybuje od 550 do 5700 tun.

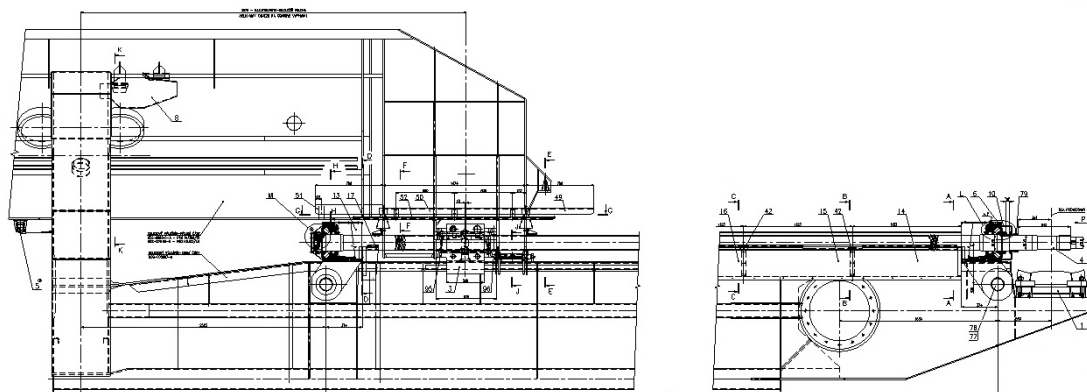


Obr. 1 Velkostroj KU 300/30

Diplomová práce se bude zabývat výsuvovou částí velkostroje KU 300. Na území České republiky se nachází cca 20 ks velkostrojů typu KU 300. Jedná se o velkostroj s proměnlivou vzdáleností osy kola od osy stroje s pohybem po housenicovém podvozku. Proměnlivé vzdálenosti je dosahováno pomocí výsuvového ústrojí, skládajícího se z 2 ks pohybových kuličkových šroubů a 2 ks kuličkových matic umístěných na obou stranách kolesového výložníku stroje.



Obr. 2 Uložení matice výsuvu v kolesovém výložníku



Obr. 3 Schéma výsuvového ústrojí velkostroje KU 300

Dle plánů oprav jednotlivých těžebních společností se provádí ročně cca u 2 ks strojů výměna matic výsuvového ústrojí. Výměna šroubů se neprovádí v tak častých intervalech, jelikož opotřebení šroubů nebývá takového rozsahu jako opotřebení matic.

Z důvodu zvýšeného požadavku těžebních společností na 100% provozuschopnost strojního vybavení dochází k značnému navýšení produkce dílčích komponentů pro opravy jednotlivých strojů. Navýšení produkce je samozřejmě limitováno snižováním cen jednotlivých nakupovaných komponent, při zachování vysokého standardu kvality výrobku.

Výsuvové ústrojí velkostroje KU 300 se skládá z dvojchodého kuličkového šroubu a dvojchodé kuličkové matice (Obr. 2, 3). Kuličkové šrouby jsou konstrukční prvky pohybových ústrojí, které umožňují převod rotačního pohybu na přímočarý. Mezi hřídelí se závit a maticí se odvalují kuličky a zajišťují tak pohyb s vysokým stupněm účinnosti. Vyznačují se vysokou tuhostí, přesností a trvanlivostí. Přenos rotačního pohybu mezi šroubem a maticí výsuvového ústrojí je uskutečňován pomocí kuliček $\varnothing 25$ mm.

Při zavádění nové technologie výroby bylo využito strojového parku společnosti D-CAM SERVIS s.r.o., Brno, která je dlouholetým obchodním partnerem společnosti MPPM s.r.o. při zajišťování dodávek dílů pro opravy kolesových rypadel.

Společnost pracuje s nejnovějšími technologiemi pro zajištění maximální spokojenosti zákazníka a efektivity výroby. Současná výbava strojního parku společnosti je dostatečně využitelná pro nově navrhovanou technologii. V souvislosti se zavedením nové technologie nebude nutno pořizovat nové strojní vybavení.

Po změně technologie obrábění bude mít největší podíl frézování, pro které bude vybrán vhodný stroj a nástroje umožňující zvýšení parametrů obrábění.

3. Problematika obrábění součástí na CNC obráběcích strojích

Ve strojírenství zaujímá technologie obrábění významné místo. Umožňuje pomocí technologických procesů vytvořit z polotovaru výrobek požadovaného tvaru, rozměrové přesnosti a jakosti obrobených ploch. Při neustálém vývoji strojírenství, zvyšováním produktivity a při zavádění automatizace vznikají stále nové obráběcí stroje a neustále se modernizují stroje stávající.

3.1. Obecné pojmy a terminologie

CNC obráběcí centrum je číslicově řízený obráběcí stroj, který je schopný:

- provést různé operace při jednom upnutí obrobku
- vybrat a vyměnit nástroje
- nastavit vzájemnou polohu obrobku a nástroje
- řídit otáčky, posuvy a pomocné úkony

Dle způsobu obrábění jsou CNC obráběcí centra rozdělována na:

- pro výrobu rotačních součástí (soustružnická – horizontální, vertikální)
- pro výrobu nerotačních součástí (frézovací – horizontální a vertikální)

Ke klíčovým znakům obráběcích center (soustružnických i frézovacích) patří vysoký rozsah a plynulá regulace rychlostí (řezných i posuvových). Dalšími charakteristickými znaky jsou valivá, zakrytovaná vedení všech pohybů a různé typy zásobníků nástrojů.

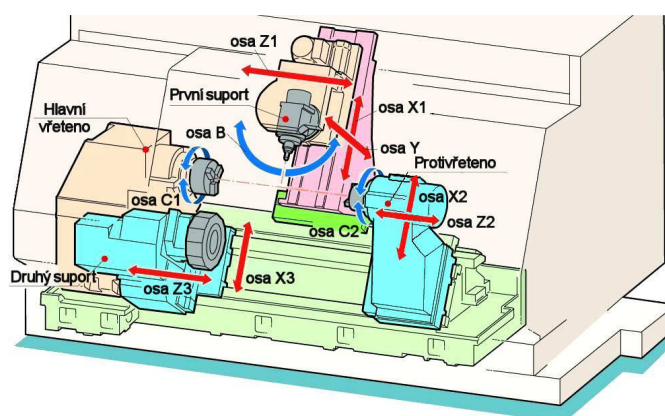
Hlavní předností CNC strojů je velmi rychlý a snadný přechod mezi různými typy vyráběných součástí. Přechod mezi jednotlivými typy obrobku se provádí změnou řídicího programu (NC programu), využívající částečně nebo úplně nástrojového a měřicího vybavení. Mezi další významné přednosti CNC strojů patří jejich zcela automatický chod.

Ovládání řídicích funkcí je realizováno pomocí postupného zpracovávání jednotlivých řádků NC programu.

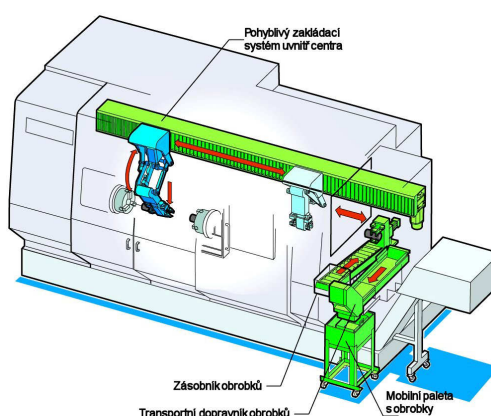
Číslicově řízené CNC obráběcí stroje jsou konstrukčně uzpůsobovány pro práci v automatickém režimu. Jejich programování se provádí pomocí speciálního komunikačního panelu nebo na externích pracovištích vybavených výkonnými počítačovými stanicemi. NC programování rozlišujeme např. CAD/CAM systémy, dílensky orientované programování a tzv. ISO programování (programování v G-kódu).

3.2. Obráběcí centra pro výrobu rotačních součástí

Soustružnická centra s horizontální osou vřeten (obr. 4) jsou multiprofesní stroje s hlavním obrobkovým vřetenem a obrobkovým protivřetenem a dvěma nástrojovými suporty, pro obrábění přírubových rotačních součástí s přídatnými nerotačními nebo nesouose rotačními plochami, velmi často jsou vybavena zařízením pro manipulaci s obrobkem (obr. 5). Mají lože s vícenásobnými vodicími plochami pro první nástrojový suport s revolverovou hlavou a vřeteník protivřeten. První nástrojový suport má tři řízené osy **X1**, **Y** a **Z1** (případně **B**). Jeho revolverová hlava může nést pevné nástroje i nástrojová vřetená pro rotující nástroje na obrábění přídatných nerotačních ploch na obrobcích upnutých v hlavním vřetenu nebo protivřetenu.

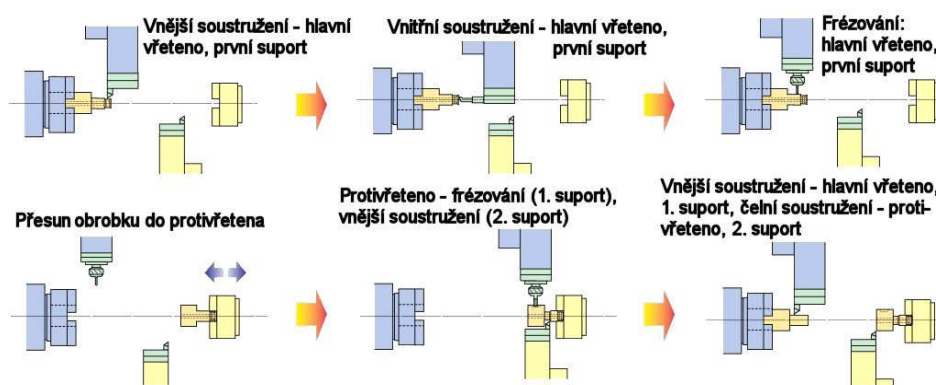


Obr. 4 Soustružnické CNC obráběcí centrum Mori Seiki MT 2000F [7]



Obr. 5 Zařízením pro manipulaci s obrobkem soustružnického obráběcího centra Mori Seiki ZT 2500 [7]

Hlavní obrobkový vřeteník je obvykle pevný a pro obrábění nerotačních a nesouose rotačních ploch je vybaven kontinuálním řízením úhlové polohy obrobku v ose **C1**. Druhý nástrojový suport, jehož revolverová hlava nese pevné i rotující nástroje, může být pevně připojen k hlavnímu vřeteníku nebo může být řízen v osách **X3** a **Z3**. Vřeteník protivřetena je řízen v osách **X2**, **Z2** a **C2**. Na jeho tělese je možné umístit pevné nástroje, které mohou spolupracovat s prvním nástrojovým suportem při obrábění obrobků rotujících v hlavním vřetenu. Mezi těmito pevnými nástroji může být i hrot koníkové opěrky delšího obrobku v hlavním vřetenu při jeho obrábění z prvního nástrojového suportu. Obrobek v protivřetenu může být obráběn i pevnými nebo rotujícími nástroji z prvního suportu, což umožňuje i využití osy **Y** pro obrábění z druhé strany. Příklad pracovního cyklu soustružnického CNC obráběcího centra je uveden na obrázku č. 6. [7]

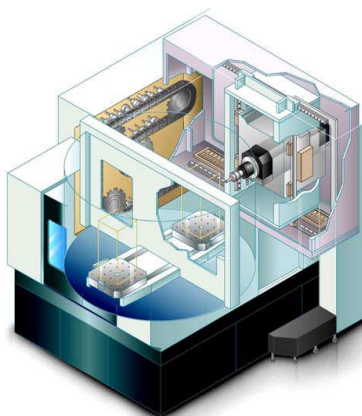


Obr. 6 Příklad pracovního cyklu soustružnického OC [7]

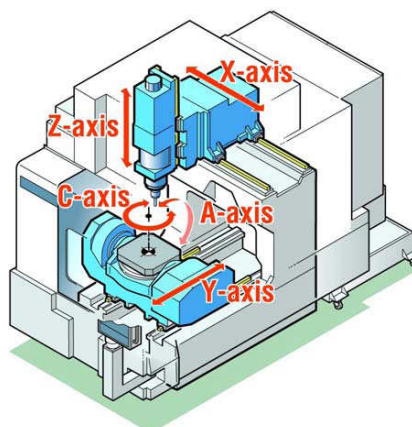
3.3. Frézovací obráběcí centra

Frézovací obráběcí centra s horizontální osou vřetena (obr. 7) jsou tří až pětiosé multiprofesní stroje (lze na nich nejen frézovat, ale i vrtat, vyvrtávat, vystružovat a řezat závity) pro obrábění nerotačních obrobků většinou skříňovitého tvaru. Nosná část je obvykle rozdělena na neměnnou nástrojovou část s třemi navzájem kolmými řízenými osami (**X**, **Y** a **Z**) a na stavebnicově proměnnou obrobkovou část se dvěma rotačními osami **A** a **B**. Existují též modifikovaná provedení s dvěma osami **X** a **Y** v nástrojové části a třemi osami **Z**, **A** a **B** v obrobkové části. Variabilita obrobkové části umožňuje např. stavbu stroje s pevnou upínací deskou pro obrábění těžkých a rozměrných obrobků (**X**, **Y** a **Z**) nebo stroje s otočným stolem (osy **X**, **Y**, **Z** a **B**) či pětiosého stroje (osy **X**, **Y**, **Z**, **A** a **B**). Nástrojová část všech uvedených konfigurací je mimo dosah třísek.

Frézovací obráběcí centra s vertikální osou vřetena jsou tří až pětiosé multiprofesní stroje na obrábění plochých nerotačních součástí. Vřeteno s třemi ovládanými osami (**X**, **Y** a **Z**) je umístěno na pojízdném portálu (existují též varianty s dvěma ovládanými osami **X** a **Z**, které mají v obrobkové části řízené osy **Y**, **A** a **C** (obr.8)). Obrobková část je proměnná a může mít prostý pevný stůl s vodorovnou upínací plochou, otočný „dvojstůl“ s krytem proti třískám pro upínání následné součásti během obrábění, stůl nebo dvojstůl s otočnými vícenásobnými upínači, nebo otočný a sklopný stůl se dvěma otočnými osami **A** a **B** pro plnohodnotné pětiosé obrábění. Vertikální frézovací centra (stejně též horizontální) jsou často doplněny zařízením pro kontinuální odvod třísek. [7]



Obr. 7 Horizontální frézovací centrum Mori Seiki HVM 630 [7]

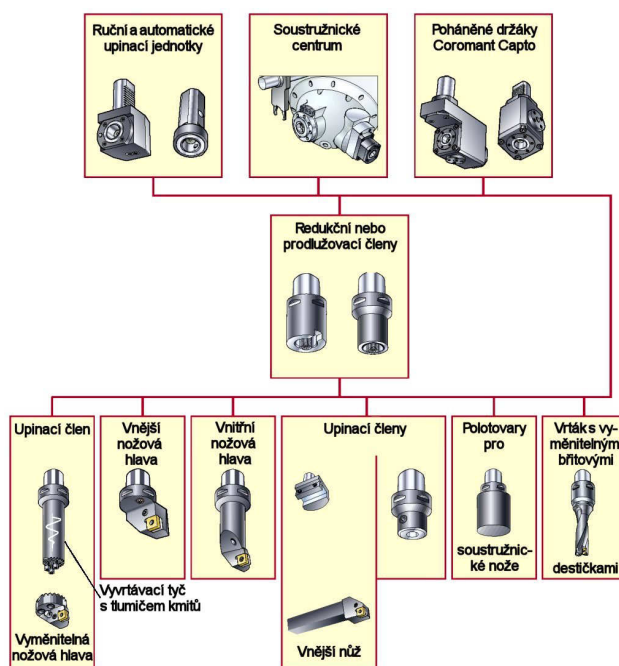


Obr. 8 Vertikální frézovací centrum Mori Seiki GV 5035AX [7]

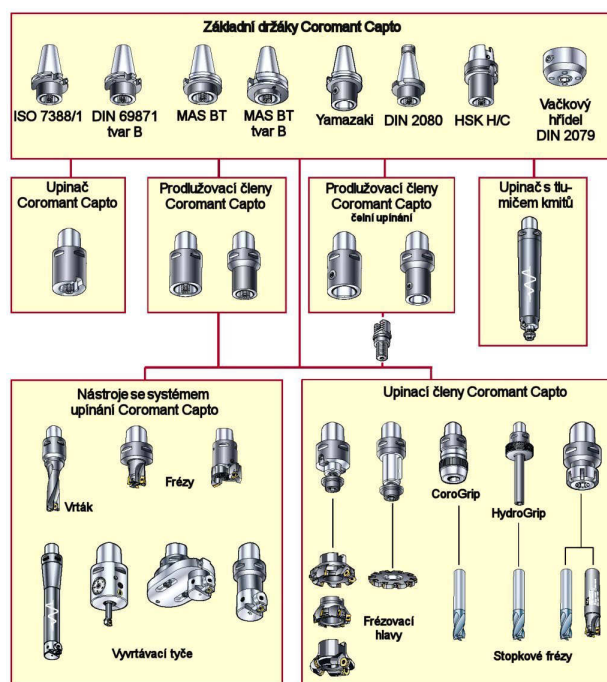
3.4. Nástroje pro CNC obráběcí centra

Nástroje pro CNC obráběcí centra mají následující základní znaky:

- stavebnicovou konstrukci, obvykle s členy dle - obr. 9 a 10:
 - základní držák pro upnutí na obráběcím centru
 - redukční členy (umožňují změnu velikosti příčného průřezu)
 - prodlužovací členy (umožňují změnu polohy nástroje)
 - upínací členy pro upnutí řezných částí nástroje
 - řezná část nástroje
- seřizováním mimo stroj, na speciálních seřizovacích přístrojích
- kvalitní nástrojové materiály s vysokou řezivostí, z nichž jsou vyráběny řezné části
- optimální trvanlivost obvykle nepřesahující hodnotu $T=15$ minut (vysoké řezné rychlosti)



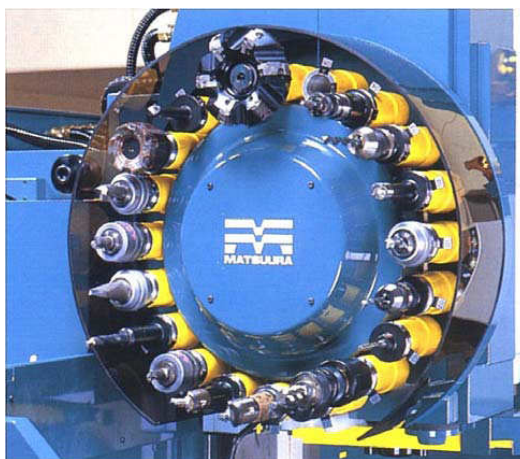
Obr. 9 Nástroje firmy Sandvik Coromant pro soustružnická centra [7]



Obr. 10 Nástroje firmy Sandvik Coromant pro frézovací centra [7]

Všechny nástroje jsou běžně na OC uloženy v zásobnících nástrojů (s kapacitou 15÷60, v některých případech i 100÷150 nástrojů). Tyto zásobníky mohou být umístěny na pracovním vřeteníku, na stojanu nebo stole stroje, případně i mimo stroj. Zásobníky nástrojů lze dle konstrukce dělit na **revolverové**, **bubnové** (obr. 11), **deskové**, **voštinové**, **regálové**, **řetězové**, atd. Výměnu nástrojů zajišťuje speciální manipulační zařízení, které vyjme nástroj z vřetena a uloží ho do zásobníku a dále vyjme nový nástroj ze zásobníku a nasadí ho do vřetena stroje.

Vlastní nástroj i poloha nástroje v zásobníku mají svoje identifikační kódy, pro snadné umožnění výběru a výměny nástroje dle řídicího programu OC. Pořadí nástrojů a jejich seskupení v zásobníku často odpovídá technologickému postupu výroby konkrétní součásti (kódováno je místo v zásobníku) nebo může být libovolné (kódován je nástroj). Výhodou prvního způsobu výměny nástrojů jsou krátké časy výměny nástrojů a minimální pohyby zásobníku, nevýhodou je nutnost výměny většiny nástrojů při výrobě nové součásti. Nevýhodou druhého způsobu uložení nástrojů jsou velké pohyby zásobníku při vyhledávání a výměně nástrojů.

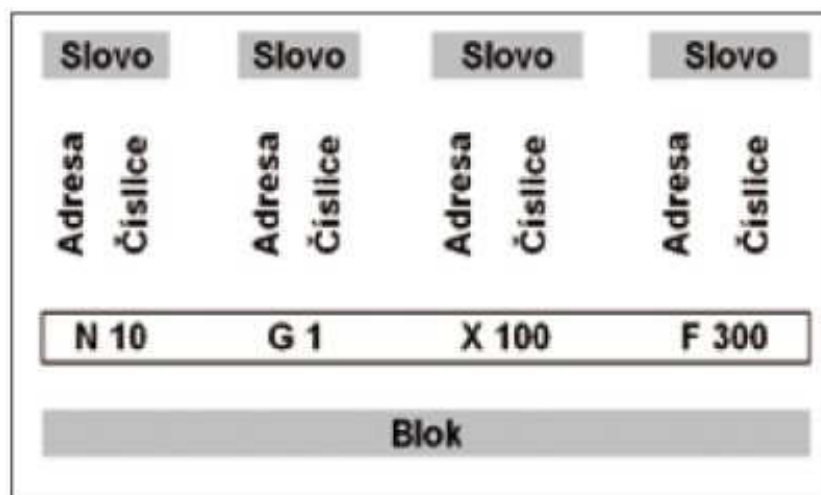


Obr. 11 Bubnový zásobník

3.5. Řízení CNC strojů

V průběhu vývoje prošlo číslicové řízení (NC - Numeric Control) obráběcích strojů řadou změn. Měnila se především jak jednotlivá záznamová média tak i způsoby přenosu a uložení dat (děrné štítky, děrné nebo magnetofonové pásky, diskety, DNC komunikace, flash disky, až po propojení jednotlivých pracovišť do internetové či intranetové sítě s integrací centrálních serverových pracovišť). Pojem NC se dnes používá nejenom jako označení typu strojů, ale také jako způsob řízení.

Dnes užívané NC programování (zejména CNC strojů) je označení pro řízení obráběcího stroje prostřednictvím kódovaných informací (příkazů neboli funkcí), které jsou složeny z alfanumerických znaků a dalších symbolů. Tyto jednotlivé programové věty (bloky nebo řádky) jsou složeny ze slov, které jsou strojem převáděny na impulzy elektrického proudu nebo dalších výstupních signálů pro aktivaci servomotorů nebo ostatních zařízení potřebných pro provoz stroje (Obr. 12). CNC stroje na rozdíl od konvenčních strojů nejsou přímo ovlivněny tzv. lidským faktorem, ale jsou závislé především na kvalitě vytvořeného NC programu.



Obr. 12 Programový blok [7]

Obrábění dnes běžně dělíme na oblasti:

- tzv. klasickou neboli 2,5D obrábění
- výrobu ve 3D neboli obrábění ve třech osách
- pěti-osé a vysokorychlostního obrábění

Tento výčet není zcela kompletní. Vhodná volba oblasti obrábění musí vždy zajistit dobré ovládání, pohodlné NC programování a optimální výkon v řetězci CAD/CAM-CNC. V neposlední řadě musí zajistit i maximální možnosti řízení jakosti u stroje.

Dnes velmi dynamicky se rozvíjející obrábění v pěti osách vyžaduje moderní stroje a CAD/CAM softwary. Ty mohou společně zajistit požadavky na výrobu tvarově komplikovaných forem, jakost obrobeného povrchu i rychlost výroby součástí ze zušlechtěných materiálů. Dále zůstává možnost programovat přímo na obráběcím stroji.

4. Návrh technologie obrábění vybrané součásti

4.1. Obecná charakteristika

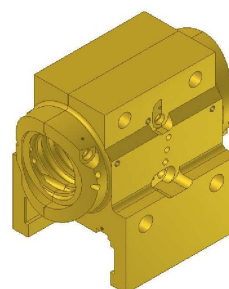
Cílem této diplomové práce je najít vhodnou technologii obrábění Vložky matice výsuvového ústrojí velkostroje KU 300. Výsledkem bude nová technologie výroby, jež sníží čas potřebný k výrobě součásti, minimalizuje počet nástrojů a přípravků. Podmínkou je dodržení požadované přesnosti a nepřekročení stávajících výrobních nákladů.

Pro dosažení cíle této diplomové práce bylo potřeba provést:

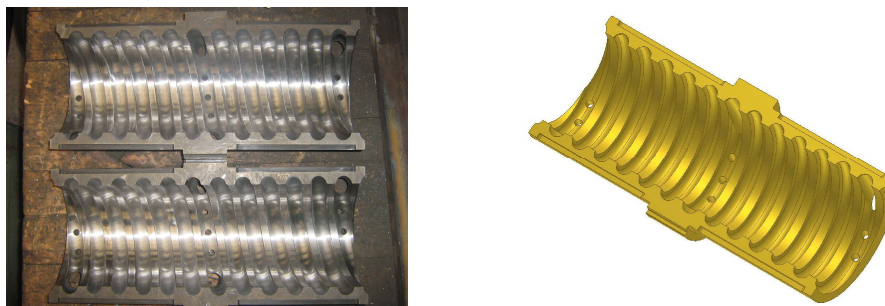
- analýzu stávajícího stavu technologie obrábění
- návrh technologie obrábění dané součásti s dosažením požadovaných parametrů
- experimentální ověření návrhu včetně vyhodnocení
- technicko-ekonomické zhodnocení

4.2. Popis vybrané součásti

Výsuvové ústrojí velkostroje KU 300 se skládá ze Šroubu a Matice č.v. USS-100382-A (Příloha B) (obr. 13) jejíž nedílnou součástí je Vložka č.v. USD-100381-A (Příloha A) (obr. 14). Vložka je výměnnou součástí Matice uchycená pomocí uchycovacího čepu v Tělese matice č.v. USS-000368-A (Příloha C). Matice včetně Vložky je z důvodu montáže a demontáže na velkostroj dělena na dvě poloviny.



Obr. 13 Matice bez namontovaných kulovodů, model matice včetně vložky.



Obr. 14 Vložka matice, model poloviny vložky

Návrh nové technologie bude uskutečněn za použití moderních obráběcích strojů a nástrojů. Hlavním úkolem práce je snaha dosáhnout vyšší kvality obrábění za účelem snížení výrobních nákladů a tudíž i prodejní ceny součástí.

Z hlediska obrábění se jedná o rotační součást na jejíž výrobě má největší podíl soustružení a broušení.

4.3. Materiál vložky matice

Materiál Vložky matice je Cr-V ocel k zušlechťování a povrchovému kalení 15 241.3/8 ČSN 41 5241 (ekvivalentem je 42CrV6, Wr.N 1.7561), která je vhodná pro výrobu součástí strojů a silničních motorových vozidel, u nichž se žádá velká pevnost a dostatečná tažnost, např. povrchově kalená ozubená kola, torzní tyče, věnce ozubených spojek. Jedná se o martinskou nebo elektroocel.

Jako polotovaru pro výrobu Vložky matice se používá výkovku trubky o rozměrech $\varnothing 265^{+8}_{-6} / \varnothing 140^{+7}_{-7} \times 600^{+14}_{-7}$ mm v provedení dle TDP ČSN 42 0276.64. Základní vlastnosti materiálu pro polotovar výkovku jsou uvedeny v materiálovém listu viz. Příloha D.

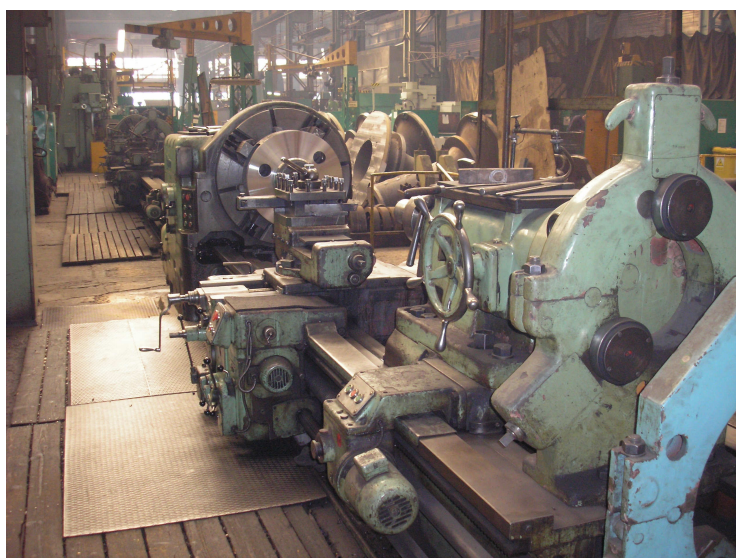
Z důvodu přenosu velkých kroutících momentů a přenosových sil mezi šroubem a maticí výsuvového ústrojí je materiál Vložky v průběhu technologického procesu tepelně zpracován a to následujícím způsobem:

- zušlechtěn na horní pevnost obvyklou pro tento materiál
- kalen a popuštěn na tvrdost 55 ± 3 HRC

Obrobitelnost materiálu 15 241 dle ČSN 41 5241 ve stavu .3 je při tvrdosti $HB \leq 197$ pro soustružení, hoblování, frézování a vrtání 13b. Obrobitelnost materiálu ve stavu .8 a .4 je při tvrdosti $HV \leq 538$ pro soustružení, hoblování, frézování a vrtání 6b.

5. Stávající technologie výroby

V současnosti se provádí obrábění Vložky na konvenčním soustruhu SRM 100, za použití běžných soustružnických nástrojů. Především pro soustružení vnitřního kuličkového dvouchodého závitu se používá celistvého soustružnického nože umístěného v prodlouženém držáku. Konečné broušení profilu závitu se provádí za pomoci speciálního brusného zařízení na soustruhu SRM 100 (Obr.15).



Obr.15 Soustruh hrotový SRM 100

Stroj: Soustruh hrotový

Typ: SRM 100

Výrobce: Škoda Plzeň

Oběžný průměr nad ložem: 1000 mm

Vzdálenost hrotů: 8000 mm

Oběžný průměr nad suportem: 710 mm

Výkon hlavního elektromotoru: 37 kW

Max. hmotnost obrobku: 10 000 kg

Průměr upínací desky: 1000 mm

Hmotnost stroje: 18 000 kg

5.1. Stávající technologický postup

V současné době se Vložka vyrábí dle následujících technologických postupů Vložky matice USD-100381-A (Tab. 1), Tělesa matice USD-100368-A (Tab. 2) a Matice USD-100382-A (Tab. 3). Část technologických operací obrábění Vložky probíhá ve smontovaném stavu s tělesem matice.

	Číslo výkresu: USD-100381-A		Změna:	List: 1
	Název: Vložka matice			Listů: 1
TGL. POSTUP	Jakost materiálu 1: 15 241.3/8	Jakost materiálu 2:	Množství: 1	
	Rozměr 1:	Rozměr 2:	Hmotnost 1: 54,40	
	Rozměr 3:	Rozměr 4:	Hmotnost 2:	

Operace Středisko Pracoviště Typ pracoviště Název pracoviště TA-min TB-min TBc-min

005	Rýsování	4,00	0,00
Prorýsovat			
010	Vyvrtávání	12,00	13,00
Navrtat důlky			
015	Soustružení	37,00	200,00
Soustružit povrch $\varnothing 245h11$ na $\varnothing 255$, 2x $\varnothing 215$ na $\varnothing 228$ na jedné straně ponechat nákržek $\varnothing 260$ v délce 60 mm, čela s přídávkem 5 mm na plochu. Otvor vyhrubovat na $\varnothing 150$, hrany srazit.			
020	Kalení a popouštění	47,00	9,00
Šlechtit dle návodky na 785 až 930 Mpa. Dodat protokol o šlechtění			
025	Soustružení	1 435,00	60,00
Soustružit povrch na $\varnothing 245h11$, čela zarovnat na míru. Nechat rýsovat začátky závitů. Upnout do lunety, soustružit otvor $\varnothing 161+0,2$. Hrubovat a hotově vyřezat závity kulové dráhy dle výkresu. Hrany zregulovat pro broušení.			
030	Rýsování	25,00	0,00
Rýsovat začátky závitů a drážku.			
035	Zámečnické práce	9,00	0,00
Srazit hrany, přechody závitů zaoblit.			
040	Soustružení	45,00	18,00
Soustružit 2x $\varnothing 215k6$ s přídávkem 0,4 až 0,5 pro brus, hrany srazit.			
045	Rýsování	9,00	0,00
Rýsovat drážku $\checkmark=20$ s ohledem na závity.			

050	Frézování	35,00	20,00
Frézovat drážku š=20 dle výkresu.			
055	Zámečnické práce	8,00	1,00
Ostří srazit			
060	Soustružení	45,00	18,00
Brousit 2x ø215k6. Další až po svrtání v polovinách maticích			

Přerušení technologického postupu

065	Vrtání	5,00	4,00
Dle řezu L, L1 zahloubit na ø15			
070	Rýsování	15,00	0,00
Rýsovat drážky š=8.			
075	Vyvrtávání	240,00	60,00
Frézovat drážky š=8 dle výkresu.			
080	Zámečnické práce	5,00	4,00
Ostří otvorů a drážek srazit. Sčíslovat poloviny vložek před rozřezáním.			
085	Kalení a popouštění	0,00	0,00
Kalit v ochrané atmosféře na 55±3 HRC. Dodat protokol o shodě dle ČSN EN 10204 - 3.1.			
090	Řezání	0,00	0,00
Rozřezat na dvě poloviny dle výkresu. Dodat protokol o shodě dle ČSN EN 10204 - 3.1.			
095	Zámečnické práce	18,00	4,00
Po kalení vyčistit. (Drátěným kotoučem)			
100	Kontrola	5,00	4,00
Rozměrová kontrola + vyplnit protokol. Sčíslovat poloviny vložek před rozřezáním.			
Konec technologického postupu			

Pokračování u technologického postupu matice

Tab. 1 Stávající technologický postup Vložky USD-100381-A

	Číslo výkresu: USD-100368-A	Změna:	List: 1
	Název: Těleso matice		Listů: 1
TGL. POSTUP	Jakost materiálu 1: 15 241.3/8	Jakost materiálu 2:	Množství: 1
	Rozměr 1:	Rozměr 2:	Hmotnost 1: 316,00
	Rozměr 3:	Rozměr 4:	Hmotnost 2:

Operace Středisko Pracoviště Typ pracoviště Název pracoviště TA-min TB-min TBc-min

Výňatek části technologického postupu týkající se výroby Vložky č.v. USD-100381-A

080	Zámečnické práce	170,00	12,00
Do polovin matic ustavit vložku ozn. 2 včetně aretačního čepu ozn. 10. Poloviny matic sešroubovat.			
085	Vyvrtávání	810,00	43,00
Upnout, vystředit, zhotovit postupně otvory pro převáděcí trubky ø26, zahloubit na ø32 včetně zafrézování dle řezu C, C1,D, D1. Vrtat otvory pro deflektory dle Vložky č.v. USD-100381-A dle řezu K, K1, L, L1 a zahloubit na ø18. V polovinách matic dle řezu K, K1 převrtat otvory ø12 na ø18 (Pozor ve vložkách nepřevrtávat). Dle řezu L, L1 převrtat ø12H8 na ø18 (Pozor ve vložkách nepřevrtávat).			
090	Soustružení	912,00	105,00
Po vrtání přebrousit závit.			
095	Vyvrtávání	72,00	8,00
Poloviny matic demontovat, včetně aretačního čepu, vložku demontovat. Ostří otvorů po vrtání srazit. Poloviny vložek před rozřezáním dle matic sčíslovat.			

Tab. 2 Stávající technologický postup Tělesa matice USD-100368-A

	Číslo výkresu: USD-100382-A	Změna:	List: 1
	Název: Matice		Listů: 1
TGL. POSTUP	Jakost materiálu 1: 15 241.3/8	Jakost materiálu 2:	Množství: 1
	Rozměr 1:	Rozměr 2:	Hmotnost 1: 436,00
	Rozměr 3:	Rozměr 4:	Hmotnost 2:

Operace Středisko Pracoviště Typ pracoviště Název pracoviště TA-min TB-min TBc-min

Výňatek části technologického postupu týkající se výroby Vložky č.v. USD-100381-A

020	Montáž	864,00	16,00
Obě poloviny vložek vymýt a vyčistit. Vložku ozn. 2 dle sčíslování smontovat pomocí ozn. 12.			

Do polovin matic dle sčíslování ustavit vložku ozn. 2, matici smontovat dle výkresu včetně aretačního čepu ozn. 10.

025	Soustružení	912,00	105,00
Upnout, vyrovnat, brousit závit kulové dráhy (deformace po kalení).			

Tab. 3 Stávající technologický postup Matice USD-100382-A

5.2. Analýza slabých míst

Analýza byla provedena se zaměřením na výrobu nejsložitější části Vložky. Jedná se o výrobu dvojchodého kuličkového závitu. Po provedení analýzy stávajícího technologického potupu bylo zjištěno několik slabých míst:

- Soustružení na konvenčních strojích za použití zastaralých nástrojů
- Složitost technologie z důvodu obrábění ve smontovaném stavu s tělesem matice
- Obtížné dodržení předepsané integrity povrchu kuličkové dráhy

Ad a) výroba závitu probíhá dle technologie, která byla zavedena v 70-tých letech minulého století, v této době vznikla i přídatná zařízení pro broušení vnitřního otvoru a profilu závitu (Obr. 16).



Obr. 16 Výroba matice na soustruhu SMR 100

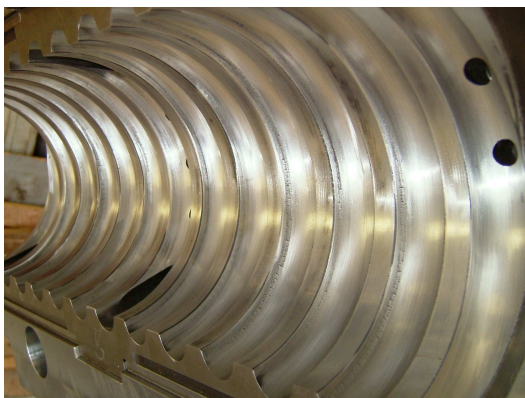
Ad b) Dle jednotlivých technologických postupů se provádí několikrát montáž a demontáž vložky do tělesa matice. Toto je vyžadováno především z důvodu broušení profilu závitu po kalení a následném rozřezání Vložky (obr. 17). Dále se na smontované

sestavě vložky a tělesa provádí vrtání otvorů pro vstup a výstup kuliček do matice výsuvu. Vzniká problém přesného napojení otvorů pro vstup a výstup kuliček na profil závitu.



Obr. 17 Broušení dvojchodého kuličkového závitu ve smontované matici

Ad c) Po broušení profil závitu pomocí brusného zařízení nedosahuje drsnost opracování požadované výkresové hodnoty (obr. 18). Toto je zapříčiněno deformací vložky po kalení a jejím následném rozřezání a mnohdy i špatným obráběním závitu.



Obr. 18 Vady povrchu po broušení závitu

Z těchto důvodů se tato práce zaměří na změnu technologie obrábění právě v technologických operacích obrábění soustružením a následným broušením dvojchodého závitu vložky matice.

Nástroje pro obrábění závitu Vložky

Hrubování závitu Vložky probíhá pomocí zapichovacího soustružnického nože z rychlořezné oceli - 12/32x32/135 (Obr. 19).



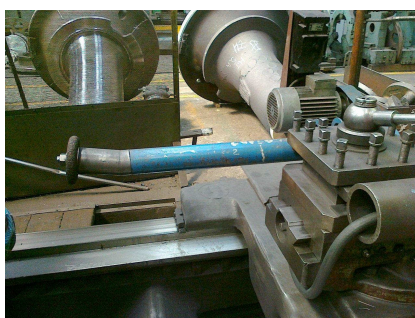
Obr. 19 Hrubovací nůž

Obrábění závitu na hotovo se provádí pomocí rádiusového soustružnického nože s pájenou břitovou destičkou ze slinutých karbidů - R13/32x32x/110x6° (Obr. 20).



Obr. 20 Nůž pro obrábění profilu závitu

Broušení profilu závitu probíhá pomocí přídavného brousícího zařízení přímo na soustruhu SRM 100 (Obr. 21).



Obr. 21 Brousící zařízení

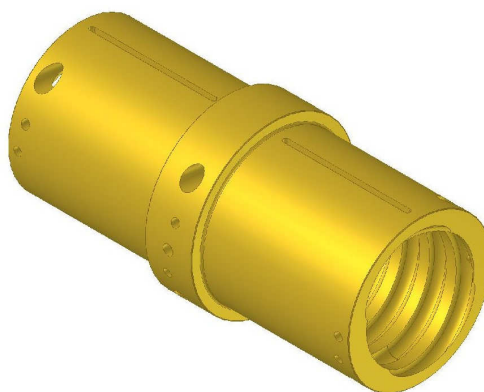
6. Návrh nové technologie

Při řešení nové technologie obrábění bylo využito dlouholetých zkušeností s technologií výroby vstřikovacích forem, střížných a ohýbacích nástrojů a to jak z klasických tak i obtížně obrobitelných materiálů.

Návrh nové technologie počítá s tím, že dvojchodý kuličkový závit vložky bude obráběn frézováním v samostatné polovině Vložky. K dělení Vložky dle výkresové a technologické dokumentace dojde už ve fázi výroby polotovaru a nikoli až před koncem výrobního procesu jako je to u stávající technologie.

V souvislosti s tvarem Vložky a ceny obrábění na CNC obráběcích centrech počítá návrh nové technologie s přípravou polotovaru na konvenčních obráběcích strojích. Na CNC obráběcím centru se budou provádět pouze operace spojené s výrobou dvojchodého kuličkového závitu včetně otvorů pro vstup a výstup unášecích kuliček. Pro výrobu polotovaru pomocí konvenčního obrábění bylo nutno navrhnout několik přípravků pro zjednodušení výroby.

Pro výrobu Vložky ze dvou polovin bylo zapotřebí vytvořit její přesný 3D model, který poslouží k vytvoření pracovního programu pro CNC obráběcí centrum. Tento model byl vytvořen v programu Inventor 2010 společnosti AutoDesk (Obr. 22)



Obr. 22 3D model Vložky

6.1. Nový technologický postup

V návaznosti na výše uvedené byla sestavena detailní technologie výroby Vložky. Technologicky byl výrobní proces rozdělen na dvě části a to na část výroby polotovaru Vložky a na část dokončovacích operací, zejména výroby dvojchodého závitu.

Pro výrobu polotovaru vložky byl sestaven technologický postup, pro informaci je uveden v této práci (tab. 4), dále se technologií výroby polotovaru tato práce nebude zabývat (obr. 23)

MPPM	Číslo výkresu: 3MP-3070		Změna:	List: 1
	Název: Vložka matice - polotovar			Listů: 1
TGL. POSTUP	Jakost materiálu 1: 15 241.3/8	Jakost materiálu 2:	Množství: 1	
	Rozměr 1:	Rozměr 2:	Hmotnost 1: 54,40	
	Rozměr 3:	Rozměr 4:	Hmotnost 2:	

Operace	Středisko	Pracoviště	Typ pracoviště	Název pracoviště	TA-min	TB-min	TBc-min
005				Soustružení	120,00	25,00	
Hrubovat pro rozřezání a zušlechťení.							
010				Frézování	55,00	12,00	
Rozřezat na dvě poloviny							
015				Kalení a popouštění	47,00	9,00	
Zušlechťit na 785 až 930 Mpa. Dodat protokol o tepelném zpracování.							
020				Frézování	30,00	5,00	
Frézovat dělicí rovinu.							
025				Zámečnické práce	10,00	5,00	
Složit poloviny k sobě.							
030				Svařování	20,00	5,00	
Prostehovat.							
035				Vyvrátávání	25,00	13,00	
Kruhovou interpolací frézovat ø216 do hloubky 40 mm od čela - oboustranně.							
040				Soustružení	65,00	15,00	
Soustružit otvor na ø160,5, čela zarovnat na délku 570							
045				Vyvrátávání	45,00	10,00	
Vrtat 12x otvor pro závit M8, závity vyřezat							

050	Zámečnické práce	10,00	5,00
Příšroubovat 2x čelní desku č.v. 3MP-3071			
055	Soustružení	90,00	20,00
Upnout do lunety Soustružit z jedné strany $\varnothing 215,6$. Přepnout Soustružit z druhé strany $\varnothing 215,6$.			
060	Zámečnické práce	10,00	5,00
Na soustruhu postupně namontovat 2x objímku č.v. 3MP-3072.			
065	Soustružení	10,00	0,00
Soustružit $\varnothing 245h11$ hotově.			
070	Frézování	260,00	60,00
Frézovat 4x drážku 8 na $\varnothing 215,6$ v dělicí rovině. Frézovat 1x drážku 20 na $\varnothing 245h11$ v dělicí rovině.			
075	Zámečnické práce	15,00	2,00
Demontovat objímky a čelní desky. Ostří po obrábění srazit. Sčíslovat poloviny vložky.			
Konec technologického postupu			

Tab. 4 Technologický postup výroby polotovaru Vložky



Obr. 23 Opracovaný polotovar Vložky

Při vypracování technologického postupu opracování Vložky (Tab. 5) z polotovaru jsem vycházel z použití strojního zařízení uvedeného v následující kapitole. Pro operace obrábění dvojchodého byl na základě 3D modelu vytvořen program obrábění.

	Číslo výkresu: USD-100381-A		Změna:	List: 1
	Název: Vložka matice			Listů: 1
TGL. POSTUP	Jakost materiálu 1: 15 241.3/8	Jakost materiálu 2:	Množství: 1	
	Rozměr 1:	Rozměr 2:	Hmotnost 1: 54,40	
	Rozměr 3:	Rozměr 4:	Hmotnost 2:	

Operace Středisko Pracoviště Typ pracoviště Název pracoviště TA-min TB-min TBc-min

005	NC obrábění	270,00	45,00
Vrtat otvory $\varnothing 26$ dle řezů C, C1, D, D1 s přídavkem 0,5 mm na plochu. Vrtat otvory $\varnothing 12$ a $\varnothing 12H8$ dle řezů K, K1, L, L1 s přídavkem 0,5 mm na plochu. Hrubovat závit matice dle programu s přídavkem 0.25 mm na plochu.			
015	Kalení a popouštění		
Kalit v ochrané atmosféře na 55 ± 3 HRC. Dodat protokol o tepelném zpracování.			
020	Frézování	25,00	20,00
Přerovnat dělicí rovinu.			
025	Zámečnické práce	45,00	10,00
Srazit ostří po opracování. Sestavit obě poloviny matice pomocí per a Objímek č.v. 3MP-3072.			
030	Broušení	65,00	10,00
Brousit hotově otvor $\varnothing 161 \pm 0.2$ Brousit hotově $2 \times \varnothing 215k6$ včetně čel na $\varnothing 245h11$			
035	Zámečnické práce	30,00	5,00
V průběhu broušení montovat a demontovat Čelní desky č.v. 3MP-3071 a Objímky č.v. 3MP-3072.			
040	Zámečnické práce	10,00	5,00
Demontovat objímky a čelní desky.			
045	NC obrábění	690,00	45,00
Dokončit otvory $\varnothing 26$ dle řezů C, C1, D, D1. Dokončit otvory $\varnothing 12$ a $\varnothing 12H8$ dle řezů K, K1, L, L1 a zahloubit na $\varnothing 15$. Opracovat závit matice na hotovo dle výkresu.			
050	Frézování	35,00	15,00
Zarovnat čela na polovinách vložky na délku			
055	Zámečnické práce	30,00	5,00
Srazit ostří po opracování.			
Konec technologického postupu			

Tab. 5 Technologický postup výroby Vložky

6.2. Strojní zařízení pro novou technologii

Pro obrábění Vložky dle výše uvedeného technologického postupu bylo vybráno 5-ti osé CNC obráběcí centrum DMU 100 monoBLOCK firmy DMG (Obr. 24), které je ve vlastnictví firmy D-CAM SERVIS s.r.o.



Obr. 24 DMU 100 monoBLOCK

Univerzální CNC-frézka DMU 100 monoBLOCK (DECKEL MAHO)

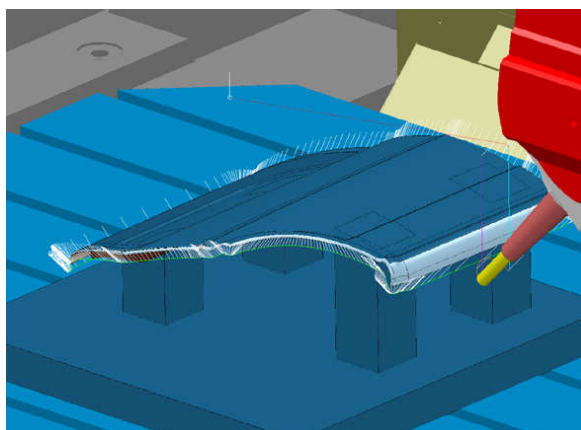
Jedná se o modulární pružně rozšiřitelný stroj, od své nejjednodušší 3-osé až po 5-osou verzi s dynamicky naklápěcím otočným stolem, dokonale zvládá všechny frézovací technologické operace, a nabízí vstup do high-tech světa simultánního víceosého obrábění na vysoké úrovni za velmi atraktivní cenu. Tento stroj otevírá širokou škálu účinných univerzálních obráběcích aplikací, celou cestu do sektoru vysokorychlostního systému, se snadným přístupem a maximální jednoduchost použití.

Technické parametry:

- pojezd X x Y x Z : 1 150 x 710 x 710 mm
- hlavní pohon : 24 000 ot/min
- rychloposuv a posuv X / Y / Z : 30 / 30 / 30 m/min
- upínací plocha : 1 500 x 800 mm
- max. zatížení : 800 kg
- řídicí systém: Heidenhain i TNC 530

Pro obrábění vložky byl vytvořen program obrábění pomocí software PowerMILL společnosti Delcam (Obr. 25)

Delcam PowerMILL je software vysoké kvality pro CNC programování tříosých i víceosých frézovacích center. Primárně je určen pro frézování tvarových ploch tříosými, čtyřosými i pětiosými strategiemi. 5-ti osé souvislé frézování pomocí PowerMILL může měnit úhel naklopení osy nástroje během pracovního posuvu a tak se nástroj dostane i do míst, které bychom klasickou 3-osou strategií nebyli schopni obrobit. PowerMILL umí většinu svých 3-osých strategií povýšit na 5-ti osé, to znamená, že programování pro uživatele se znalostmi 3-osého frézování je velmi snadné a vysoce efektivní. PowerMILL samozřejmě nabízí i několik čistě 5-ti osých strategií pro specializované použití.



Obr. 25 Obrábění pomocí software Delcam PowerMILL

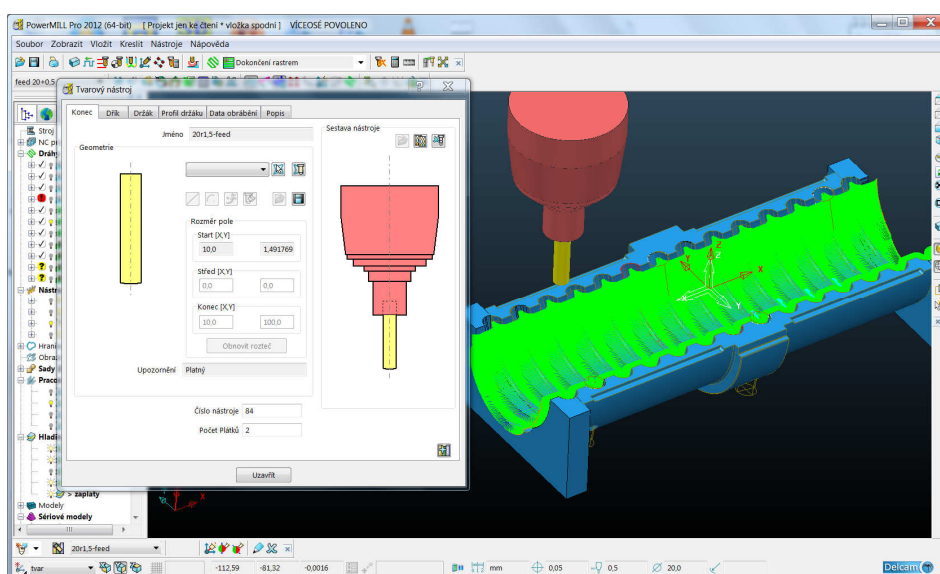
6.3. Nový technologický proces obrábění

V technologickém postupu je obrábění závitu Vložky rozděleno do dvou operací (hrubování a dokončení), mezi kterými je provedeno kalení a popouštění. Tepelné zpracování zaručuje požadované mechanické vlastnosti.

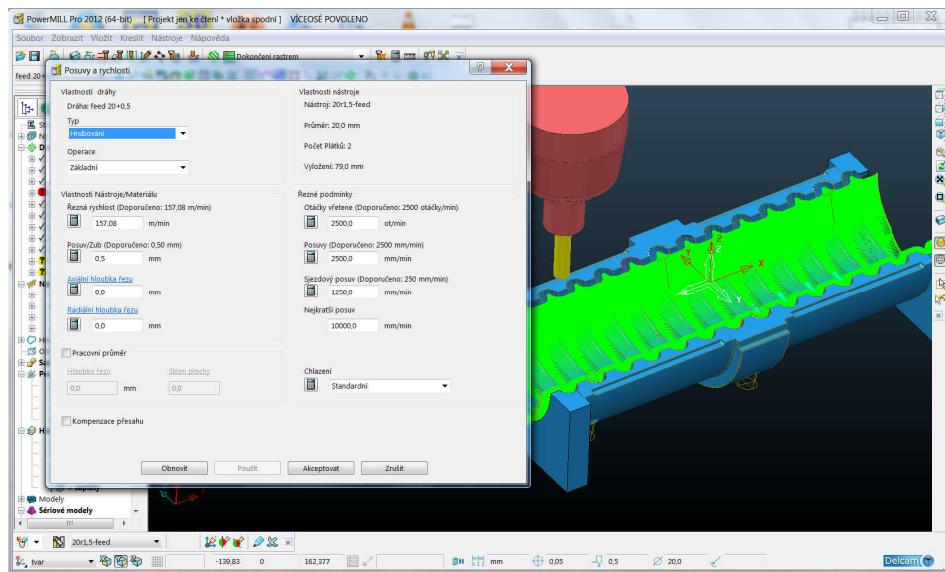
6.3.1 Hrubování závitu matice

Dle výše uvedeného technologického postupu se v operaci 005 provedeno hrubování otvorů a závitu. Postup hrubování poloviny Vložky na CNC obráběcím centru byl sestaven následovně:

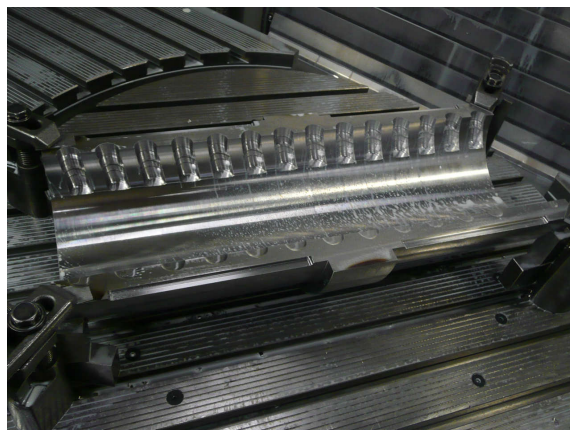
- a) v první fázi bude provedeno předvrtání otvorů $\varnothing 26$ mm dle řezů C, C1, D, D1 a otvorů $\varnothing 12$ mm a $\varnothing 12H8$ dle řezů K, K1, L, L1. Otvory budou předvrtány s přídavkem 0,5 mm na plochu pro závěrečné opracování na čisto.
- b) následně bude provedena operace hrubování závitu pomocí feed frézy $\varnothing 20$ mm společnosti Seco (obr. 26, 27, 28)



Obr. 26 Hrubování závitu pomocí feed frézy

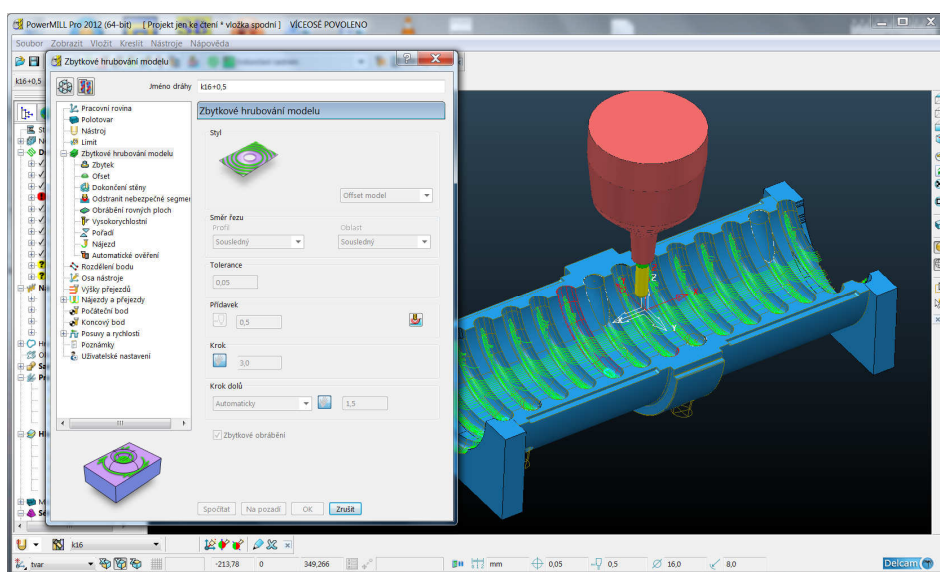


Obr. 27 Parametry obrábění pro hrubování závitu Vložky

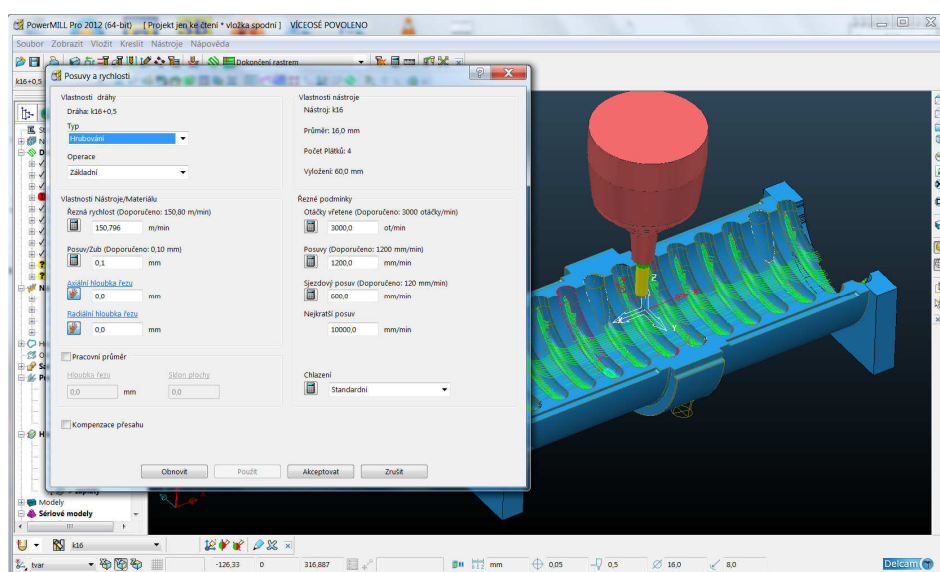


Obr. 28 Částečně hrubovaný závit Vložky

Pro vyhrubování závitu matice feed frézou společnosti Seco bude provedeno dohrubování závitu s přídávkem 0,25 mm na obráběnou plochu závitu pro dokončující operace frézování (Obr. 29, 30). Dohrubování bude provedeno pomocí kulové frézy $\varnothing 16$ od společnosti Fette.



Obr. 29 Dohrubování závitu Vložky pomocí kulové frézy



Obr. 30 Parametry obrábění pro provádění dohrubování závitu Vložky

Nástroje použité při hrubovacím obrábění závitu Vložky

Pro hrubování závitu vložky matice byl zvolen nástroj firmy Seco R217.21-1820.0-R100.2 s použitím plátků 218.19-100.. (Tab. 6, Obr. 31)

Seco je společnost známá svým širokým sortimentem výkonných nástrojů a destiček pro frézování. Frézovací nástroje Seco jsou vhodné pro obrábění téměř všech materiálů - od měkkých ocelí nebo snadno obrobitelných hliníkových materiálů až po těžkoobrobitelné materiály a slitiny.

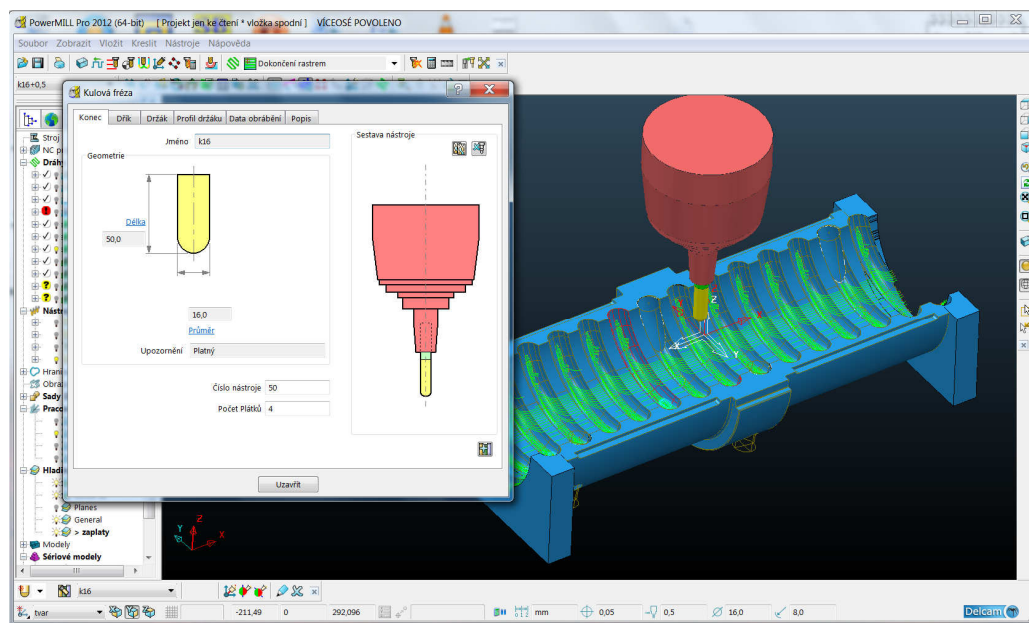
[illegible]

Tab. 6 Katalogový list R217.21 firmy Seco



Obr. 31 Fréza Seco R217.21-1820.0-R100.2

Pro dohrubování profilu závitu bylo použito kulové frézy $\phi 16$ 1412C od společnosti Fette (Tab. 7, Obr. 32, 33)

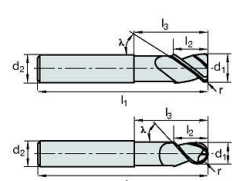



Obr. 32 Kulová fréza $\phi 16$ v programu Delcam PowerMILL




Obr. 33 Kulová fréza Fette $\phi 16$ mm.

Vollhartmetall, stirnseitig bis Mitte schneidend, NC-gerecht
Solid Carbide, center cutting, suitable for NC




1410 C


1412 C

LMT-Code		LMT-Code		1410 C		1412 C	
Drallwinkel		Helix angle		$\lambda = 20^\circ$		$\lambda = 20^\circ$	
Zylinderschaft		Straight shank		DIN 6535 HA		DIN 6535 HA	
Schneidstoff		Cutting material		LC620T		LC620T	
d_1	l_1	d_2	l_2	d_3	z	r	Ident. No.
1	1,5	38	2,7	3	2	0,2	1410 C
2	2	50	3,6	6	2	0,3	1410 C
3	3	50	5,5	6	2	0,4	1410 C
4	4	57	14,5	6	2	0,5	1410 C
4	4	57	14,5	6	2	1	1410 C
5	5	57	21	6	2	0,5	1410 C
5	5	57	21	6	2	0,6	1410 C
5	5	57	21	6	2	1	1410 C
6	6	57	21	6	2	0,3	1410 C
6	6	57	21	6	2	0,5	1410 C
6	6	57	21	6	2	0,8	1410 C
6	6	57	21	6	2	1	1410 C
8	8	63	27	8	2	-	-
8	8	63	27	8	3	0,3	1410 C
8	8	63	27	8	3	1	1410 C
8	8	63	27	8	3	1,5	1410 C
8	8	63	27	8	3	2	1410 C
10	10	72	32	10	2	-	-
10	10	72	32	10	3	0,5	1410 C
10	10	72	32	10	3	1	1410 C
10	10	72	32	10	3	1,3	1410 C
10	10	72	32	10	3	1,5	1410 C
10	10	72	32	10	3	2	1410 C
12	12	83	38	12	2	-	-
12	12	83	38	12	3	0,5	1410 C
12	12	83	38	12	3	1	1410 C
12	12	83	38	12	3	1,5	1410 C
12	12	83	38	12	3	1,6	1410 C
12	12	83	38	12	3	2	1410 C
16	16	92	44	16	4	2	1410 C
20	20	104	54	20	4	2	1410 C
20	20	104	54	20	4	2,5	1410 C

Tab.7 Katalogový list 1412C firmy Fette

Firma FETTE se zabývá výrobou následujících produktů

- tvářecí systémy radiální, axiální, tangenciální
- odvalovací frézy z HSS, HSS-PM, HM
- frézovací nástroje s výměnnými plátky včetně kopírovacích fréz k výrobě forem
- hrubovací kotoučové frézy pro hrubování, ale i konečné opracování ozubení velkých modulů a speciálních profilů
- VHM frézy včetně HSC kopírovacích fréz, vhodné k obrábění až 65HRC
- závitníky, závitovací frézy včetně tvrdokovových a závitovací očka
- HSS, HSS-PM stopkové, čelní válcové, kotoučové a tvarové frézy
- HSS, HM vrtáky, záhlubníky, výstružníky
- upínače

6.3.2. Dokončení závitu matice

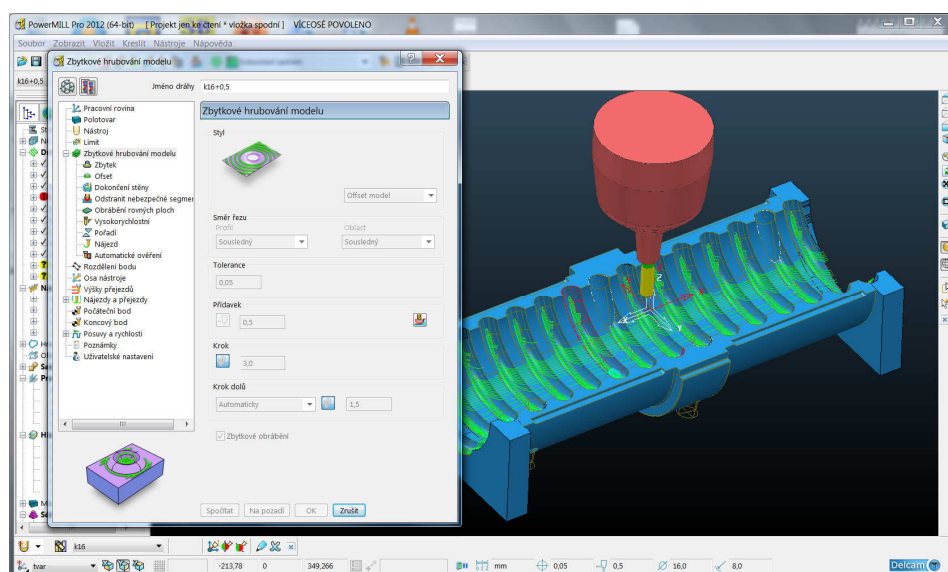
Po provedených operacích kalení a popouštění, přerovnání dělicí roviny a broušení otvoru $\varnothing 161^{+0,2}$ a vnějších ploch $\varnothing 215k6$ je dle technologického postupu provedena operace konečného opracování na CNC obráběcím centru. V této operaci se provádí opracování otvorů $\varnothing 26$ mm, $\varnothing 12$ mm a závitu Vložky na hotovo. Jako první je provedeno vrtání otvorů z vnější strany Vložky, poté je provedeno přepnutí Vložky a z vnitřní strany je provedeno obrábění závitu a následné napojení otvoru $\varnothing 26$ mm na závit matice.

Obrábění závitu na hotovo je rozděleno na dvě části a to:

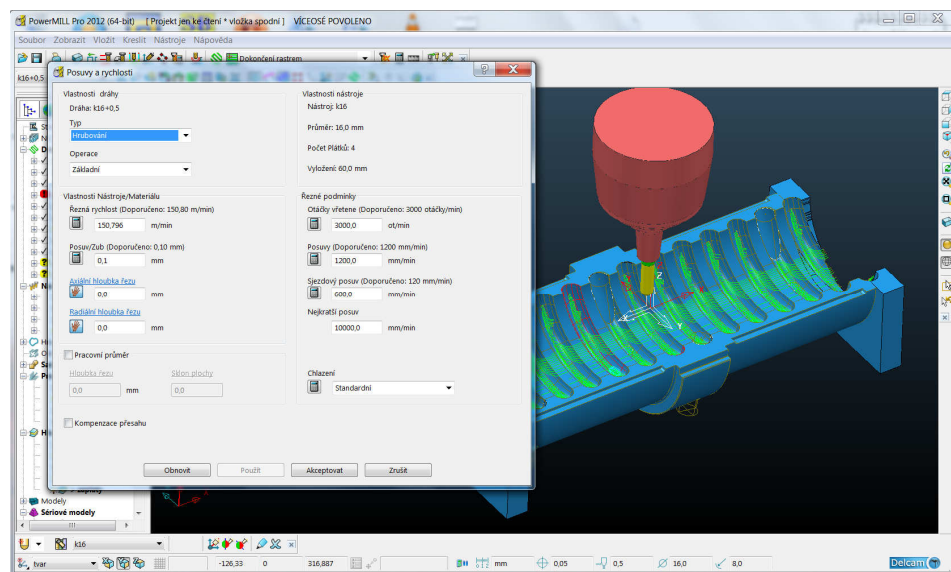
- Předdokončení závitu – tloušťka odebírané třísky 0,2 mm
- Dokončení závitu – tloušťka odebírané třísky 0,05 mm

Obráběním na hotovo provedené pomocí dvou třísek jsou odstraněny případné deformace závitu způsobené tepelným zpracováním a dále je dosažena požadovaná drsnost povrchu závitu.

Předdokončení závitu je provedeno dle programu a parametrů viz. Obr. 34, 35

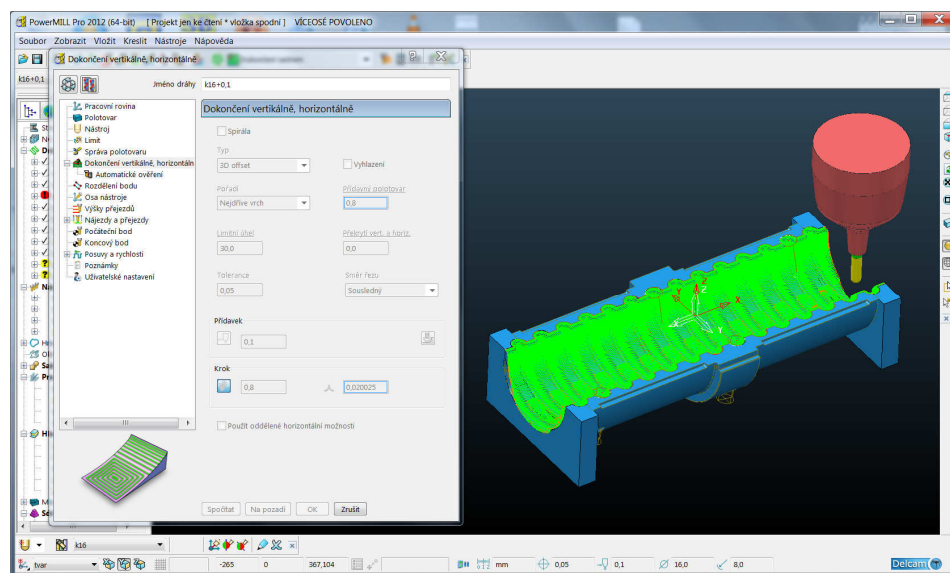


Obr. 34 Předdokončení závitu Vložky pomocí kulové frézy

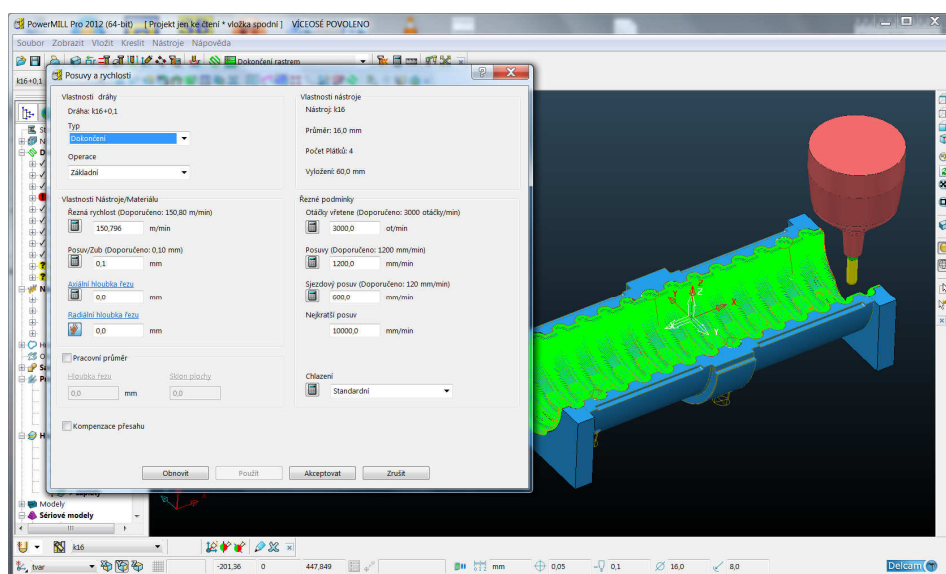


Obr. 35 Parametry obrábění pro prováděné předdokončení závitu Vložky

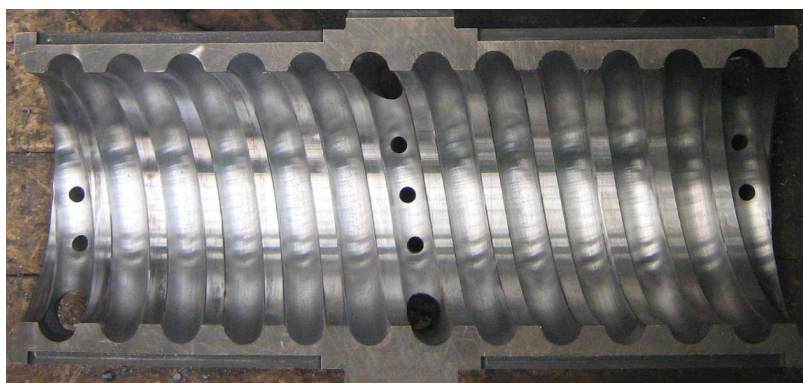
Konečné obrábění (dokončení) závitu je provedeno dle programu a parametrů viz. Obr. 36, 37, 38.



Obr. 36 Dokončující obrábění závitu Vložky pomocí kulové frézy

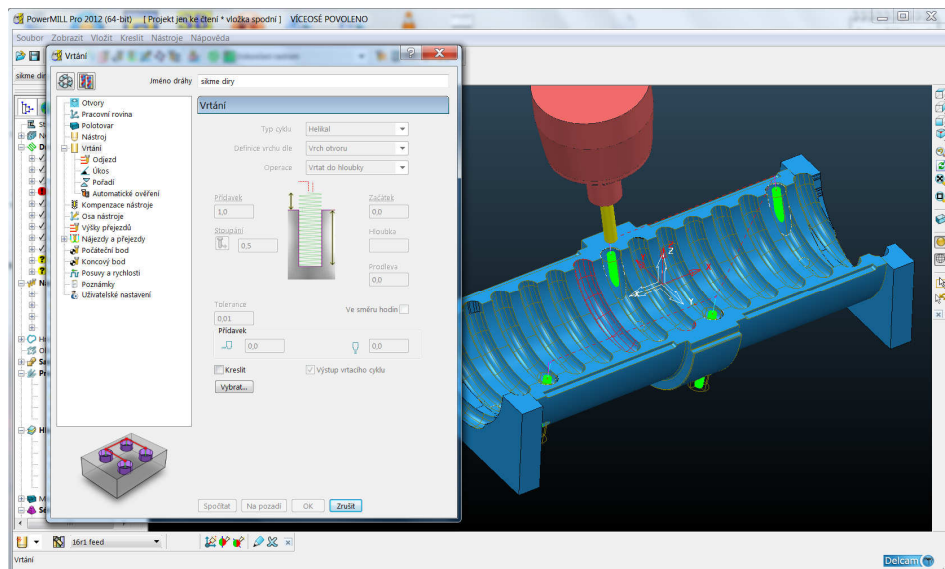


Obr. 37 Parametry obrábění pro provádění dokončení závitu Vložky

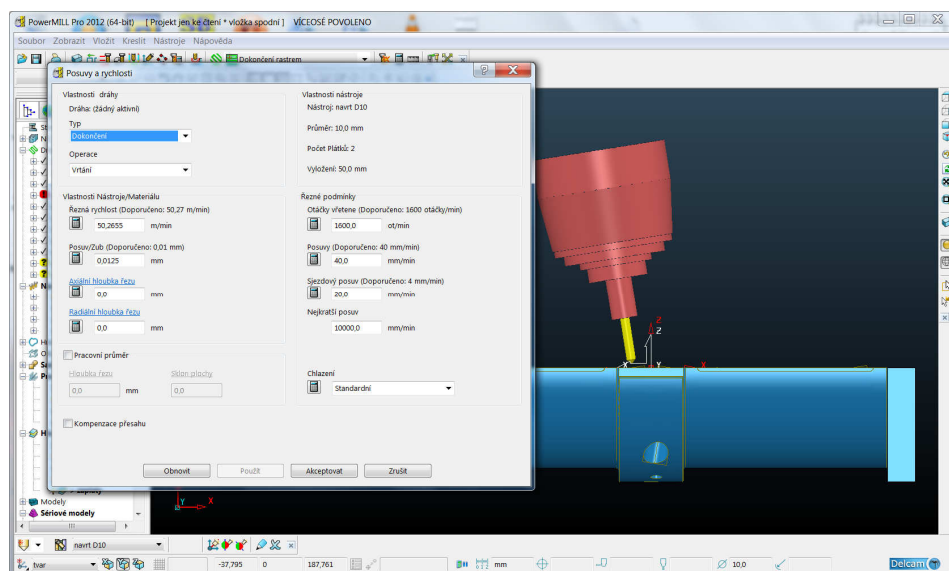


Obr. 38 Vložka obrobena pomocí nově navržené technologie

Napojení otvorů $\varnothing 26$ mm je provedeno spirálním vrtáním (Obr. 39, 40) pomocí vrtáku $\varnothing 10$ mm.



Obr. 39 Konečné napojení otvoru $\varnothing 26$ mm na závit vložky



Obr. 40 Parametry konečného vrtání otvoru $\varnothing 26$

Nástroj použitý při dokončujících operacích obrábění závitu Vložky.

Závit Vložky v předdokončujícím a dokončujícím obrábění je obráběn pomocí kulové frézy $\varnothing 16$ 1412C od společnosti Fette, jejíž specifikace je uvedena v bodě 6.3.1.

Pro dokončující obrábění třísky 0,05 mm je použito nové kulové frézy. Nový nástroj zaručí dodržení profilu a drsnosti povrchu závitu. Po případném přebroušení bude fréza použita na operace dohrubování a předdokončení závitu.

7. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Porovnání stávající a navrhované technologie výroby je postaveno na vyčíslení časové a finanční úspory, které vzniknou užitím nové technologie výroby místo technologie stávající. Vychází se z původního a nového technologického postupu a dále z údajů poskytnutých firmou D-CAM SERVIS s.r.o.

Technicko-ekonomické hodnocení bude vypracováno pro výrobu jednoho kusu Vložky. Počet kusů pro výrobní dávku vychází ze staré technologie, ve které se některé operace opracování Vložky provádí ve smontovaném stavu s Tělesem matice. Každá Vložka je smontována a sčíslována s konkrétním Tělesem matice, proto je technologie stanovena pro výrobu jednoho kusu.

Technicko-ekonomické zhodnocení se bude týkat pouze operací spojených s obráběním dvojchodého závitu Vložky a vrtáním otvorů pro přívod kuliček a uchycení deflektorů.

7.3. Stanovení úspory času

Původní technologie:

$$T_{op} = T_{aop} + T_{bop}$$

Operace soustružení:

Vložka, č.v. USD-100381-A

$$T_{S025} = 1\,435 + 30 = 1\,465 \text{ [min]}$$

$$T_{SSOU} = 1\,465 \text{ [min]}$$

Operace vrtání

Těleso matice, č.v. USD-100368-A

$$T_{S085} = 810 + 43 = 853 \text{ [min]}$$

$$T_{SVRT}=853 \text{ [min]}$$

Operace broušení:

Těleso matice, č.v. USD-100368-A

$$T_{S090}=912+105=1\,017 \text{ [min]}$$

Matice, č.v. USD-100382-A

$$T_{S090}=912+105=1\,017 \text{ [min]}$$

$$T_{SBROU}=1\,017+1\,017=2\,034 \text{ [min]}$$

Operace montáže a demontáže

Těleso matice, č.v. USD-100368-A

$$T_{S080}=170+12=352 \text{ [min]}$$

$$T_{S095}=72+8=80 \text{ [min]}$$

Matice, č.v. USD-100382-A

$$T_{S080}=864+16=880 \text{ [min]}$$

$$T_{SMONT}=352+80+880=1\,312 \text{ [min]}$$

Celková průběžná doba pro operace soustružení, vrtání, broušení a montáže

$$T_S = T_{SSOU} + T_{SVRT} + T_{SBROU} + T_{SMONT} = 1\,465 + 853 + 2\,034 + 1\,312 = 5\,664 \text{ [min]}$$

$$T_S = 5\,664:60 = 94,4 \text{ [hod]}$$

Nově navržená technologie:

Vložka matice, č.v. USD-100381-A

Operace CNC obrábění (Obr. 41)

$$T_{N005}=540+45=585 \text{ [min]}$$

$$T_{N040}=1\,260+45=1\,305 \text{ [min]}$$

$$T_{NCNC}=585+1\,305=1\,890 \text{ [min]}$$

Operace Frézování

$$T_{N015}=40+25=65 \text{ [min]}$$

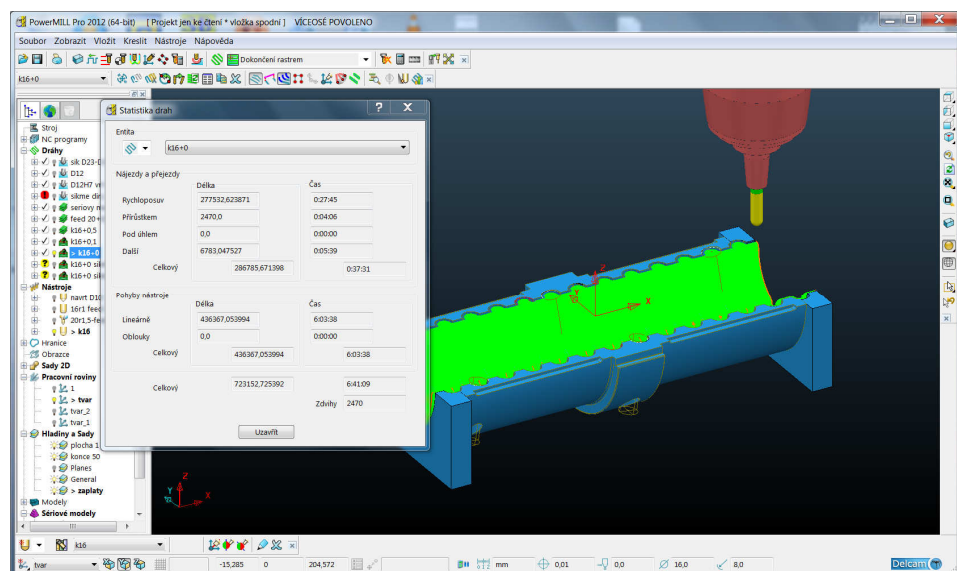
$$T_{N045}=60+25=85 \text{ [min]}$$

$$T_{NFRZ}=65+85=150 \text{ [min]}$$

Celková průběžná doba pro operace CNC obrábění a frézování

$$T_N=T_{NCNC}+T_{NFRZ}=1\,890+150=2\,040 \text{ [min]}$$

$$T_N=2\,040:60=34 \text{ [hod]}$$



Obr. 41 Statistika drah a čas opracování závěrečné třísky závitů

Celková úspora času

$$T_C = T_S - T_N$$

$$T_C = 94,4 - 34$$

$$T_C = 60,4 \text{ [hod]}$$

Výše uvedená časová úspora je vypočítána z normativních technologických časů. Lze předpokládat, že k další časové úspoře dojde na mezioperačních časech a to hlavně z důvodu vázanosti výroby Vložky na další díly Matice výsuvu.

7.4. Stanovení úspory nákladů**Původní technologie:**

Hodinová sazba operace soustružení = 450 Kč

Hodinová sazba operace vyvrtávání = 850 Kč

Hodinová sazba operace broušení = 650 Kč

Hodinová sazba operace zámečnické = 350 Kč

$$T_{SSOU} = 1\,465 \text{ [min]} = 24,42 \text{ [hod]}$$

$$T_{SVRT} = 853 \text{ [min]} = 13,92 \text{ [hod]}$$

$$T_{SBROU} = 1\,017 + 1\,017 = 2\,034 \text{ [min]} = 33,9 \text{ [hod]}$$

$$T_{SMONT} = 352 + 80 + 880 = 1312 \text{ [min]} = 21,87 \text{ [hod]}$$

$$U_{SSOU} = T_{SSOU} \times \text{sazba} = 24,42 \times 450 = 10\,989 \text{ Kč}$$

$$U_{SVRT} = T_{SVRT} \times \text{sazba} = 13,92 \times 850 = 11\,832 \text{ Kč}$$

$$U_{SBROU} = T_{SBROU} \times \text{sazba} = 33,9 \times 650 = 22\,035 \text{ Kč}$$

$$U_{SMONT} = T_{SMONT} \times \text{sazba} = 21,87 \times 350 = 7\,645,5 \text{ Kč}$$

$$U_S = U_{SSOU} + U_{SVRT} + U_{SBROU} + U_{SMONT} = 10\,989 + 11\,832 + 22\,035 + 7\,645,5 = 52\,510,5 \text{ Kč}$$

Nová technologie:

Hodinová sazba operace CNC obrábění = 1 500 Kč

Hodinová sazba operace frézování = 450 Kč

$T_{\text{NCNC}} = 1\,890 \text{ [min]} = 31,5 \text{ [hod]}$

$T_{\text{NFRZ}} = 150 \text{ [min]} = 2,5 \text{ [hod]}$

$U_{\text{NCNC}} = T_{\text{NCNC}} \times \text{sazba} = 31,5 \times 1\,500 = 47\,250 \text{ Kč}$

$U_{\text{NFRZ}} = T_{\text{NFRZ}} \times \text{sazba} = 2,5 \times 450 = 1\,125 \text{ Kč}$

$U_N = U_{\text{NCNC}} + U_{\text{NFRZ}} = 47\,250 + 1\,125 = 48\,375 \text{ Kč}$

Celková úspora nákladů

$U_C = U_S - U_N$

$U_C = 52\,510,5 - 48\,375$

$U_C = 4\,135,5 \text{ Kč}$

Do finančních nákladů nejsou započítány náklady za nástroje použité pro výrobu Vložky dle obou porovnávaných technologií. Při výrobě Vložky dle nové technologie bylo využito plně nástrojů firmy D-CAM SERVIS s.r.o.

8. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce byl návrh a odzkoušení nové technologie výroby Vložky pohybového kuličkového ústrojí s cílem snížit čas a náklady výroby za předpokladu využití stávajícího strojního zařízení a vybavení výrobce, firmy D-CAM SERVIS s.r.o. V průběhu diplomové práce byl také proveden rozbor stávající technologie výroby.

Návrh nové technologie spočíval v realizaci operací, doposud prováděných na konvenčních strojích, na moderním strojním zařízení, na kterém dochází ke snížení průběžné doby výroby i ke snižování nákladů na výrobu.

Navrhovaná technologie výroby splňuje veškeré požadované technologické a ekonomické požadavky. Při technicko-ekonomickém zhodnocení bylo zjištěno, že nová technologie splňuje požadovanou úsporu času i finančních nákladů.

Profil závitu Vložky opracovávaný dle nové technologie výroby vykazuje výrazné zlepšení technického provedení, což ve spojení s technicko-ekonomickým hodnocením dokládá správnost zvolené technologie opracování závitu matice.

Výroby Vložky na moderních CNC obráběcích centrech za pomoci nové technologie je po technické i ekonomické stránce výhodné a to hlavně vzhledem k tomu, že výroba Vložky podle staré technologie se provádí na zastaralých konvenčních strojích za použití dosluhujícího strojního zařízení a nástrojů.

Nová technologie výroby vložky nám umožňuje vyrábět pouze Vložku bez vazby na Těleso matice. V případě návrhu nové technologie výroby Tělesa matice pomocí CNC obrábění by bylo možno dosáhnout zaměnitelnosti Vložky v jakémkoli Tělese matice.

Poděkování:

Na závěr děkuji p. Robertu Losíkovi, Ing. Jiřímu Matějkovi, Ing. Milanu Jašovi a prof. Dr. Ing. Josefu Brychtovi za cenné a podnětné rady při vypracování této diplomové práce.

9. Použitá literatura:

[1] BRYCHTA, Josef.; ČEP, Robert.; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ Jana. *Technologie II. 1. díl.* Ostrava:VŠB-TU Ostrava, 2007.

[2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění* [online]. Ostrava Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2009-1-8]. Scripta electronica. s. 251.

[3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní.* 1. Vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, EDIS, 2007.

[4] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. Časť – Technologie obrábění.* Žilina: Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006.

[5] BILÍK, Oldřich. *Obrábění II-1.díl.* Ostrava. VŠB-TU Ostrava, 1999, II. vydání. 138 s. ISBN 80-7078-962-X.

[6] BILÍK, Oldřich. *Obrábění II-2.díl.* Ostrava. VŠB-TU Ostrava, 2001, II. vydání. 118 s. ISBN 80-7078-944-1.

[7] HUMÁR, A. *Technologie I – technologie obrábění – 1 část.* VUT Brno 2003

[8] HUMÁR, A. *Technologie I – technologie obrábění – 2 část.* VUT Brno 2004

[9] SALAJ, S. *Racionalizace obrábění kroužků vahadel velkstrojů: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2010 46 s., Vedoucí práce: VRBA, V.

Použité webové stránky:

<http://cz.dmg.com/home,en>

www.techmagazin.cz

www.iscar.cz

www.pramet.cz

www.tyroline.cz

www.czechcoal.cz

www.unex.cz

<http://cs.wikipedia.org>

www.secotools.com

www.dcam.cz

www.lmt-fette.cz

Seznam příloh:

A – Výrobní výkres – Vložka, č.v. USD-100381-A

B – Výrobní výkres + kusovník – Matice, č.v. USS-100382-A

C – Výrobní výkres + kusovník – Těleso matice, č. v. USS-000368-A

D – Materiálový list materiálu 15 241 dle ČSN 41 5241